

The State Intellectual Property Office of the People's Republic of China

Address: 6 Xitucheng Road, Haidian, Beijing

Postal Code: 100088

To: Lungtin Int'l Patent & Trademark Agent Ltd. Hong CHEN, Peikun PAN		Examiner: Jinhong XU Shujun QU	
Application No.	01140139.7	Type of Department and Notification: 9-C	Issuing Date:
Applicant	THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.		June 13, 2003
Title of Invention	OPTICAL FIBER AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM USING THIS OPTICAL FIBER		

THE FIRST OFFICE ACTION

1. ☒ On the basis of the request for substantive examination filed by the applicant, the examiner has proceeded the substantive examination on the above mentioned patent application for invention in accordance with the provisions of Article 35(1) of the Chinese Patent Law.
- ☐ Chinese State Intellectual Property Office has decided on its own initiative to proceed a substantive examination on the above mentioned patent application for invention in accordance with the provisions of Article 35(2) of the Chinese Patent Law.
2. ☒ The applicant requested to designate:
- the filing date November 28, 2000 in the JP Patent Office as the priority date,
- the filing date _____ in the _____ Patent Office as the priority date,
- the filing date _____ in the _____ Patent Office as the priority date,
- the filing date _____ in the _____ Patent Office as the priority date, and
- the filing date _____ in the _____ Patent Office as the priority date.
- ☒ and a certified copy of the earlier patent application first filed in the original filing Office has been submitted.
- ☐ but a certified copy of the first filed patent application has not been submitted. Pursuant to the provisions of Article 30 of the Chinese Patent Law, no priority right shall be deemed to have been claimed.
3. ☐ The applicant has filed the amended application documents on _____ and _____. Upon examination, the amendment _____ filed on _____ is unacceptable; the amendment _____ filed on _____ is unacceptable;
- As the above amendment
- ☐ is not in conformity with the provisions of Article 33 of the Chinese Patent Law.
- ☐ is not in conformity with the provisions of Rule 51 of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.
- Please see the detailed reasons for nonacceptance in the text of this office action.
4. ☒ The examination is conducted on the original application document(s)
- ☐ The examination is conducted on the basis of the following document(s):

The original application documents submitted on the filing date: description, Page __, claims __, figure(s) __;

The documents submitted on ____: description, Page __, claims __, figure(s) __;

The documents submitted on ____: description, Page __, claims __, figure(s) __.

5. ☐ The examination is proceeded without searching.

☒ The examination is proceeded under searching.

☒ The following reference documents have been cited in this office action (their serial numbers will be referred to in the ensuing examination procedure):

Serial No.	Reference document(Number or Title)	Publication Date (or Filing date of interference patent applications)
1	CN1201913A	December 16, 1998
2		
3		
4		

6. The conclusive opinions of the examination are as following:

☒ description:

☐ the subject matter of the application falls into the scope, within which no patent right shall be granted, defined by Article 5 of the Chinese Patent Law.

☐ the description is not in conformity with the provisions of Article 26(3) of the Chinese Patent Law.

☒ the draft of the description is not in conformity with the provisions of Rule 18 of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.

☐

☒ claims:

☒ claim 1 does not possess novelty provided by Article 22(2) of the Chinese Patent Law.

☒ claims 2-6 do not possess inventiveness provided by Article 22(3) of the Chinese Patent Law.

☐ claim _____ does not possess practical applicability provided by Article 22(4) of the Chinese Patent Law.

☐ claim _____ falls into the scope, within which no patent right shall be granted, provided by Article 25 of the Chinese Patent Law.

☐ claim _____ is not in conformity with the provisions of Article 26(4) of the Chinese Patent Law.

☐ claim _____ is not in conformity with the provisions of Article 31(1) of the Chinese Patent Law.

☐ claim _____ is not in conformity with the provision of definition for invention under Rule 2(1) of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.

☐ claim _____ is not in conformity with the provisions of Rule 13(1) of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.

☒ claims 1, 5, 6 are not in conformity with the provisions of Rules 20 to 23 of the Implementing Regulations of the Chinese Patent Law.

☐

The detailed analysis for above conclusive opinions is described in the text of this office

action.

7. On the basis of the above conclusive opinions, the examiner holds that:

- ☐ the applicant should make amendments to the application documents in accordance with the requirements described in the text of this office action.
- ☐ the applicant should expound reasons for that the above mentioned patent application can be granted a patent right, and make amendments to the specification of which are not in conformity with the provisions as described in the text of this office action. Otherwise the patent right shall not be granted.
- ☒ the patent application does not possess any substantive patentable contents; if the applicant fails to expound reasons or the reasons expounded are not sufficient, this application shall be rejected.

☐

8. **The applicant shall pay more attention to the matters as following:**

- (1) In accordance with the provisions of Article 37 of the Chinese Patent Law, the applicant shall submit the response within **FOUR** months from the date of receiving this office action. If the applicant fails to respond within the time limit without any justified reason, the application shall be deemed to have been withdrawn.
- (2) The amendments modified by the applicant shall be in conformity with the provisions of Article 33 of the Chinese Patent Law, and shall be submitted in duplicate copies and in format in accordance with the relevant provisions of the Guidelines for Examination.
- (3) The applicant's response and/or amendment documents shall be mailed or submitted to the Receiving Department of Chinese Patent Office; the documents which are not mailed or submitted to the Receiving Department do not possess legal effect.
- (4) The applicant and/or his (its) agent shall not come to Chinese Patent Office to interview with the examiner without an appointment.

9. The text of this office action consists of a total of 3 pages, and is accompanied by the following annexes:

- ☒ the copies of the cited reference document consist of 1 set and 16 pages.

The Text of the First Office Action

The present patent application for invention relates to an optical fiber and optical communication system using this optical fiber. Through examination, the examination opinions are proposed as follows.

The Claims:

There is a formal deficiency existing in claim 1, and we can overcome this deficiency ourselves. However, even if this formal deficiency had been overcome, there are still the following deficiencies existing in claim 1.

Claim 1 requests to protect an optical fiber. Also, reference document 1 published an optical fiber, wherein (see the specification of reference document 1, line 11 of page 5 to line 5 of page 7, and FIG 3A, FIG 3C) the following technical features were disclosed. An optical fiber (30) comprises multiple glass layers adjacent to each other and having different compositions, and at least three glass layers formed inside a reference layer (34) as a reference of a refractive index distribution among these multiple glass layers. A maximum refractive index (n_1) of a first glass layer (31) formed on an innermost side of the optical fiber is set to be higher than the refractive index (n_2) of said reference layer; a minimum refractive index (n_3) of a second glass layer (32) as a second layer from an inner side of said optical fiber is set to be lower than the refractive index (n_2) of said reference layer; and a maximum refractive index (n_4) of a third glass layer (33) as a third layer from the inner side of said optical fiber is set to be higher than the refractive index (n_2) of said reference layer;

In a set wavelength band of at least one portion of a wavelength band of $1.5\ \mu\text{m}$, diameter of the mode field is $8.4\pm 0.6\ \mu\text{m}$; the formula is: $S=\pi(d/2)^2$, wherein S is an effective core area of the optical fiber, d is a diameter of the mode field; then through calculation we can get that: an effective core area of the optical fiber is from $47.8\ \mu\text{m}^2$ to $63.6\ \mu\text{m}^2$;

A dispersion absolute value set to more than $0.8\ \text{ps/nm/km}$ in a wavelength band of $1.530\ \mu\text{m}$ to $1.565\ \mu\text{m}$;

A dispersion slope set to smaller than $0.043\ \text{ps/nm}^2/\text{km}$ at a wavelength of $1.55\ \mu\text{m}$;

A zero dispersion wavelength smaller than $1.450\ \mu\text{m}$.

Comparing the technical solution that claim 1 requests to protect with the contents published by reference document 1, the difference is just that the numeric scales described in claim 1 are: "an effective core area from $40\ \mu\text{m}^2$ to $60\ \mu\text{m}^2$ ", "a dispersion value set to $4\ \text{ps/nm/km}$ or more and $10\ \text{ps/nm/km}$ or less at a wavelength of $1.55\ \mu\text{m}$ ", "a dispersion slope set to a positive value equal to or smaller than $0.04\ \text{ps/nm}^2/\text{km}$ ", and "a zero dispersion wavelength equal to or smaller than $1.4\ \mu\text{m}$ ". However, reference document 1 published that: "an effective core area from $47.8\ \mu\text{m}^2$ to $63.6\ \mu\text{m}^2$ ", "a dispersion absolute value set to more than $0.8\ \text{ps/nm/km}$ in a wavelength band of $1.530\ \mu\text{m}$ to $1.565\ \mu\text{m}$ ", "a dispersion slope set to smaller than $0.043\ \text{ps/nm}^2/\text{km}$ ", and "a zero dispersion wavelength smaller than $1.450\ \mu\text{m}$ ".

Accordingly, reference document 1 published all the technical features of claim 1 of the present application. The technical solution that claim 1 requests to protect belongs to the same technical field as the technical solution published by reference document 1. They solve the same technical problems, have substantively identical technical solutions, and produce the same technical effects. Therefore, the technical solution that claim 1 requests to protect is not in conformity with the provision of novelty under Article 22(2) of Chinese Patent Law.

The additional technical feature of claim 2 is: a cutoff wavelength is set to be equal to or smaller than $1.5\ \mu\text{m}$ at a length of 2 m; and, a bending loss is set to be equal to or smaller than 5 dB/m at a diameter of 20 mm in the wavelength band of $1.5\ \mu\text{m}$. The contents published by reference document 1 (see the table on top of page 7 in the specification of reference document 1) are: a cutoff wavelength is set to be equal to or smaller than $1.450\ \mu\text{m}$ at a length of 2 m; and, a bending loss is set to be smaller than 0.5 dB/m at a diameter of 32 mm in the wavelength band of $1.55\ \mu\text{m}$. The numeric scale of cutoff wavelength that claim 2 requests to protect is “equal to or smaller than $1.5\ \mu\text{m}$ ”, whereas what has been published by reference document 1 is “equal to or smaller than $1.450\ \mu\text{m}$ ”. Moreover, on the basis of reference document 1 and through deduction, it's obvious for technicians in this field to get the numeric scale of bending loss that claim 2 requests to protect. Accordingly, as cited claim 1 does not possess novelty, claim 2 neither has prominent substantive features nor represents a notable progress, which is not in conformity with the provision of inventiveness under Article 22(3) of Chinese Patent Law.

The additional technical features of claim 3 and 4 respectively are: a glass layer having a refractive index higher than that of the reference layer is arranged between the third glass layer and the reference layer; a glass layer having a refractive index lower than that of the reference layer is arranged between the third glass layer and the reference layer. However, the optical fiber published by reference document 1 has attained all the parameters possessed by the optical fiber that claim 1 and 2 of the present invention request to protect. Claim 3 and 4 just add a glass layer on the basis of claim 1. But neither prominent substantive features nor unexpected technical effects can be produced accordingly. Further, the technical feature of adding a glass layer is a common knowledge well known in this field. By combining reference document 1 with the common knowledge, it's obvious for technicians in this field to get the technical solutions that claim 3 and 4 request to protect. Accordingly, as cited claim 1 does not possess novelty, claim 3 and 4 neither have prominent substantive features nor represent a notable progress, which are not in conformity with the provision of inventiveness under Article 22(3) of Chinese Patent Law.

In claim 5, “a relative refractive index difference $\Delta 1$ ”, “a relative refractive index difference $\Delta 2$ ”, and “a relative refractive index difference $\Delta 3$ ” are all not clearly defined, so that their meanings are uncertain. This makes the protection scope of claim 5 unclear, which is not in conformity with the provision of Rule 20(1) of Implementing Regulations of Chinese Patent Law. Please see Part 2, Chapter 2, Section 3.2.2 of the <Guidelines for Examination> for your references. The applicant should clearly describe their meanings according to the contents of the last paragraph

of page 7 in the specification of English version. However, even if they were clearly defined, there are still the following deficiencies existing in claim 5.

The additional technical feature of claim 5 is: a relative refractive index difference $\Delta 1$ of the maximum refractive index of the first glass layer with respect to the reference layer is set to 0.5% or more and 0.6% or less; a relative refractive index difference $\Delta 2$ of the minimum refractive index of the second glass layer with respect to said reference layer is set to -0.4% or more and -0.1% or less; and a relative refractive index difference $\Delta 3$ of the maximum refractive index of the third glass layer with respect to said reference layer is set to 0.1% or more and 0.4% or less. The contents published by reference document 1 (see lines 8-10 of page 6 in the specification of reference document 1) are: $\Delta 1$ is set to more than 0.6% and less than 0.7%; $\Delta 2$ is set to more than -0.3% and less than -0.1%; $\Delta 3$ is set to more than 0.05% and less than 0.25%. Claim 5 requests to protect the numeric scales of $\Delta 2$ and $\Delta 3$, which mostly overlap with those published by reference document 1. Moreover, on the basis of reference document 1, it's obvious for technicians in this field to get the numeric scale of $\Delta 1$ that claim 5 requests to protect. Accordingly, as cited claim 1 does not possess novelty, claim 5 neither has prominent substantive features nor represents a notable progress, which is not in conformity with the provision of inventiveness under Article 22(3) of Chinese Patent Law.

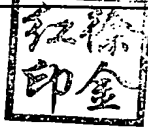


In independent claim 6, there is "an optical fiber according to claim 1 is applied as an optical transmitting path" stated. This makes claim 6 have various protection scopes in different levels. So, the protection scope of claim 6 is unclear, which is not in conformity with the provision of Rule 20(1) of Implementing Regulations of Chinese Patent Law. The applicant shall make amendment to claim 6. However, even if claim 6 is amended to be clear, because the optical fibers that claims 1-5 request to protect are applied here, and none of these optical fibers does possess novelty or inventiveness, the technical solution that claim 6 requests to protect neither has prominent substantive features nor represents a notable progress, which is not in conformity with the provision of inventiveness under Article 22(3) of Chinese Patent Law.

The Specification:

There is a formal deficiency existing in the specification, and we can overcome it ourselves.

Based on above reasons, none of the independent claims and the dependent claims of the present application does possess novelty or inventiveness. And there are not any other substantive contents that can be granted described in the specification. Consequently, even if the applicant could recompose the claims and /or make further definitions to the claims according to the contents described in the specification, the present application does not possess a perspective of being granted. If the applicant cannot provide sufficient reasons to prove that the present application does possess novelty and inventiveness within the response time limit specified by this notification of four months, the present application shall be rejected.

中华人民共和国国家知识产权局

邮政编码: 香港干诺道中 168-200 号信德中心西翼 15 楼 1512 室 隆天国际专利商标代理有限公司 陈红 潘培坤		 	 审查业务专用章
申请号	01140139.7	部门及通知书类型	9-C
申请人	古河电气工业株式会社		
发明名称	光纤和使用该光纤的光通信系统		

第一次审查意见通知书

1. ☒ 依申请人提出的实审请求, 根据专利法第 35 条第 1 款的规定, 审查员对上述发明专利申请进行实质审查。
☐ 根据专利法第 35 条第 2 款的规定, 国家知识产权局决定自行对上述发明专利申请进行审查。
2. ☒ 申请人要求以其在:
 _____ 日本 _____ 专利局的申请日 2000 年 11 月 28 日为优先权日,
 _____ 专利局的申请日 _____ 年 _____ 月 _____ 日为优先权日,
 _____ 专利局的申请日 _____ 年 _____ 月 _____ 日为优先权日,
 _____ 专利局的申请日 _____ 年 _____ 月 _____ 日为优先权日,
 _____ 专利局的申请日 _____ 年 _____ 月 _____ 日为优先权日。
☒ 申请人已经提交了经原申请国受理机关证明的第一次提出的在先申请文件的副本。
☐ 申请人尚未提交经原申请国受理机关证明的第一次提出的在先申请文件的副本, 根据专利法第 30 条的规定视为未提出优先权要求。
3. ☐ 申请人于 _____ 年 _____ 月 _____ 日和 _____ 年 _____ 月 _____ 日提交了修改文件。
 经审查, 其中: _____ 年 _____ 月 _____ 日提交的 _____ 不能被接受;
 _____ 年 _____ 月 _____ 日提交的 _____ 不能被接受;
 因为上述修改 ☐ 不符合专利法第 33 条的规定。 ☐ 不符合实施细则第 51 条的规定。
 修改不能被接受的具体理由见通知书正文部分。
4. ☒ 审查是针对原始申请文件进行的。
☐ 审查是针对下述申请文件的:
 申请日提交的原始申请文件的权利要求第 _____ 项、说明书第 _____ 页、附图第 _____ 页;
 _____ 年 _____ 月 _____ 日提交的权利要求第 _____ 项、说明书第 _____ 页、附图第 _____ 页;
 _____ 年 _____ 月 _____ 日提交的权利要求第 _____ 项、说明书第 _____ 页、附图第 _____ 页;
 _____ 年 _____ 月 _____ 日提交的权利要求第 _____ 项、说明书第 _____ 页、附图第 _____ 页;
 _____ 年 _____ 月 _____ 日提交的说明书摘要, _____ 年 _____ 月 _____ 日提交的摘要附图。
5. ☐ 本通知书是在未进行检索的情况下作出的。
☒ 本通知书是在进行了检索的情况下作出的。
☒ 本通知书引用下述对比文献(其编号在今后的审查过程中继续沿用):

回函请寄: 100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局专利局受理处收
 2201 2001.7 (注: 凡寄给审查员个人的信函不具有法律效力)

编号	文件号或名称	公开日期
1	CN1201913A	1998 年 12 月 16 日
2		年 月 日
3		年 月 日
4		年 月 日

6. 审查的结论性意见:

☒关于说明书:

☐申请的内容属于专利法第 5 条规定的不授予专利权的范围。

☐说明书不符合专利法第 26 条第 3 款的规定。

☒说明书的撰写不符合实施细则第 18 条的规定。

☐

☒关于权利要求书:

☒权利要求 1 不具备专利法第 22 条第 2 款规定的新颖性。

☒权利要求 2-6 不具备专利法第 22 条第 3 款规定的创造性。

☐权利要求 不具备专利法第 22 条第 4 款规定的实用性。

☐权利要求 属于专利法第 25 条规定的不授予专利权的范围。

☐权利要求 不符合专利法第 26 条第 4 款的规定。

☐权利要求 不符合专利法第 31 条第 1 款的规定。

☐权利要求 不符合专利法实施细则第 2 条第 1 款关于发明的定义。

☐权利要求 不符合专利法实施细则第 13 条第 1 款的规定。

☒权利要求 1, 5, 6 不符合专利法实施细则第 20 条至第 23 条的规定。

☐

上述结论性意见的具体分析见本通知书的正文部分。

7. 基于上述结论性意见, 审查员认为:

☐申请人应按照通知书正文部分提出的要求, 对申请文件进行修改。

☐申请人应在意见陈述书中论述其专利申请可以被授予专利权的理由, 并对通知书正文部分中指出的不符合规定之处进行修改, 否则将不能授予专利权。

☒专利申请中没有可以被授予专利权的实质性内容, 如果申请人没有陈述理由或者陈述理由不充分, 其申请将被驳回。

☐

8. 申请人应注意下述事项:

(1) 根据专利法第 37 条的规定, 申请人应在收到本通知书之日起的肆个月内陈述意见, 如果申请人无正当理由逾期不答复, 其申请将被视为撤回。

(2) 申请人对其申请的修改应符合专利法第 33 条的规定, 修改文本应一式两份, 其格式应符合审查指南的有关规定。

(3) 申请人的意见陈述书和/或修改文本应邮寄或递交国家知识产权局专利局受理处, 凡未邮寄或递交给受理处的文件不具备法律效力。

(4) 未经预约, 申请人和/或代理人不得前来国家知识产权局专利局与审查员举行会晤。

9. 本通知书正文部分共有 3 页, 并附有下列附件:

☒引用的对比文件的复印件共 1 份 16 页。

☐

第一次审查意见通知书正文

本发明专利申请涉及一种光纤和使用该光纤的光通信系统。经审查, 现提供如下的审查意见。

权利要求书

权利要求 1 的第 5 行中出现的“所述光纤内向外数”为文字表达不清楚的措辞, 导致了权利要求 1 的保护范围不清楚, 不符合专利法实施细则第二十条第一款的规定。申请人应当改为“所述光纤从内向外数”。但是, 即使将其修改清楚, 权利要求 1 仍然存在下述问题。

权利要求 1 请求保护一种光纤。对比文件 1 也公开了一种光纤。其中(见对比文件 1 说明书第 5 页第 11 行至第 7 页第 5 行以及附图 3A 和 3C)披露了以下技术特征: 一种光纤 (30), 包含彼此相邻接并含不同成分的多层玻璃层, 在参考层 (34) 内形成有至少三层玻璃层, 该参考层作为这些多层玻璃层间的折射率分布的参考层, 在光纤最内侧形成的第一玻璃层 (31) 的最大折射率 (n_1) 高于所述参考层的折射率 (n_2), 作为所述光纤从内向外数的第二层的第二玻璃层 (32) 的最小折射率 (n_3) 低于所述参考层的折射率 (n_2), 作为所述光纤从内向外数的第三层的第三玻璃层 (33) 的最大折射率 (n_4) 高于所述参考层的折射率 (n_2);

在 $1.5\mu\text{m}$ 波长带的至少一部分的设定波长带中, 模场直径 $8.4\pm 0.6\mu\text{m}$; 应用公式: $S=\pi(d/2)^2$, 其中 S 为光纤的有效缆芯截面积, d 为模场直径, 可以计算得出, 光纤的有效缆芯截面积在 $47.8\mu\text{m}^2$ 至 $63.6\mu\text{m}^2$;

在 $1.530\mu\text{m}$ 至 $1.565\mu\text{m}$ 波长下, 色散绝对值大于 0.8ps/nm/km ;

在 $1.55\mu\text{m}$ 波长下, 色散斜率小于 $0.043\text{ps/nm}^2/\text{km}$;

零色散波长小于 $1.450\mu\text{m}$ 。

权利要求 1 请求保护的技术方案与对比文件 1 所公开的内容相比, 所不同的仅仅是权利要求 1 中记载的数值范围是“有效缆芯截面积在 $40\mu\text{m}^2$ 至 $60\mu\text{m}^2$ ”、“在 $1.55\mu\text{m}$ 波长下, 色散值大于等于 4ps/nm/km 而小于等于 10ps/nm/km ”、“色散斜率等于或小于 $0.04\text{ps/nm}^2/\text{km}$ ”、“零色散波长小于 $1.4\mu\text{m}$ ”; 而对比文件 1 公开的是“有效缆芯截面积在 $47.8\mu\text{m}^2$ 至 $63.6\mu\text{m}^2$ ”、“在 $1.530\mu\text{m}$ 至 $1.565\mu\text{m}$ 波长下, 色散绝对值大于 0.8ps/nm/km ”、“色散斜率小于 $0.043\text{ps/nm}^2/\text{km}$ ”、“零色散波长小于 $1.450\mu\text{m}$ ”。由此可知, 对比文件 1 已经公开了权利要求 1 的全部技术特征, 且对比文件 1 所公开的技术方案与权利要求 1 请求保护的技术方案属于同一技术领域, 所要解决的技术问题相同, 技术方案实质上相同,

并能产生相同的技术效果，因此权利要求 1 所要求保护的技术方案不符合专利法第二十二条第二款有关新颖性的规定。

权利要求 2 限定部分的附加技术特征是：在 2m 长度处，截止波长等于或小于 $1.5\mu\text{m}$ ；在 $1.5\mu\text{m}$ 波长带中，直径 20mm 的弯曲损耗为等于或小于 5dB/m。对比文件 1（见对比文件 1 说明书第 7 页最上面的表）公开的内容为：在 2m 长度处，截止波长等于或小于 $1.450\mu\text{m}$ ；在 $1.55\mu\text{m}$ 波长带中，直径 32mm 的弯曲损耗为小于 0.5dB/m。权利要求 2 请求保护的截止波长数值范围是等于或小于 $1.5\mu\text{m}$ ；而对比文件 1 公开的是等于或小于 $1.450\mu\text{m}$ 。并且在对比文件 1 的基础上推导得到权利要求 2 请求保护的弯曲损耗数值范围，对本领域的技术人员来说是显而易见的。由此可知，当其引用的权利要求 1 由于不具备新颖性而不能被接受时，权利要求 2 不具备突出的实质性特点和显著的进步，不符合专利法第二十二条第三款有关创造性的规定。

权利要求 3 和 4 限定部分的附加技术特征是：具有高于参考层折射率的玻璃层布置在第三玻璃层和参考层之间；具有低于参考层折射率的玻璃层布置在第三玻璃层和参考层之间。但是对比文件 1 公开的光纤已经达到了本发明权利要求 1 和 2 请求保护的光纤所要求的各项参数，而权利要求 3 和 4 只是在权利要求 1 的基础上增加了一玻璃层，其并没有产生突出的实质性特点和意想不到的技术效果，并且增加一层玻璃层的技术特征又属于公知常识。在对比文件 1 的基础上结合公知常识得到权利要求 3 和 4 所请求保护的技术方案，对本领域的技术人员来说是显而易见的。由此可知，当它们引用的权利要求 1 由于不具备新颖性而不能被接受时，权利要求 3 和 4 也不具备突出的实质性特点和显著的进步，不符合专利法第二十二条第三款有关创造性的规定。

权利要求 5 中出现的“相对折射率差 $\Delta 1$ ”、“相对折射率差 $\Delta 2$ ”和“相对折射率差 $\Delta 3$ ”，并没有给出具体的定义，为含义不确定的措辞，导致了权利要求 5 的保护范围不清楚，不符合专利法实施细则第二十条第一款的规定，参见《审查指南》第二部分第二章第 3.2.2 节。申请人应当参考说明书第 4 页倒数第 2 段的内容，将它们的具体含义描述清楚。但是，即使将其修改清楚，权利要求 5 仍然存在下述问题。

权利要求 5 限定部分的附加技术特征是：第一玻璃层的最大折射率相对于参考层的相对折射率差 $\Delta 1$ 为大于等于 0.5%而小于等于 0.6%；第二玻璃层的最小折射率相对于参考层的相对折射率差 $\Delta 2$ 为大于等于 -0.4%而小于等于 -0.1%；第三玻璃层的最大折射率相对于参考层的相对折射率差 $\Delta 3$ 为大于等于 0.1%而小于等于 0.4%。对比文件 1（见对比文件 1 说明书第 6 页第 8 至 10 行）公开的内容为： $\Delta 1$ 为大于 0.6%而小于 0.7%； $\Delta 2$ 为大于 -0.3%而小于 -0.1%； $\Delta 3$ 为

大于 0.05%而小于等于 0.25%。权利要求 5 请求保护的 $\Delta 2$ 和 $\Delta 3$ 的数值范围，与对比文件 1 所公开的 $\Delta 2$ 和 $\Delta 3$ 的数值范围相比，大部分相重叠。并且在对比文件 1 的基础上得到权利要求 5 请求保护的 $\Delta 1$ 的数值范围，对本领域的技术人员来说是显而易见的。由此可知，当其引用的权利要求 1 由于不具备新颖性而不能被接受时，权利要求 5 不具备突出的实质性特点和显著的进步，不符合专利法第二十二条第三款有关创造性的规定。

独立权利要求 6 中出现的引用前面权利要求的语句“根据权利要求 1 的光纤用作光传输路径”，其使得这些权利要求具有不同层次的多个保护范围，导致了权利要求 6 的保护范围不清楚，不符合专利法实施细则第二十条第一款的规定。申请人应当进行修改。但是，即使将权利要求 6 修改清楚，由于它们都使用了权利要求 1 至 5 所请求保护的光纤，而上述光纤又都不具备新颖性或者创造性，所以权利要求 6 所要求保护的技术方案也不具备突出的实质性特点和显著的进步，不符合专利法第二十二条第三款有关创造性的规定。

说明书

本申请的说明书第 5 页第 12 行出现的“色散斜率...0.03ps/nm/km”，中的单位错误，导致其含义不清楚，不符合专利法实施细则第十八条第三款的规定。应当改为“色散斜率...0.03ps/nm²/km”

基于上述理由，本申请的独立权利要求以及从属权利要求都不具备新颖性或者创造性，同时说明书中也没有记载其他任何可以授予专利权的实质内容，因而即使申请人对权利要求进行重新组合和/或根据说明书记载的内容作进一步的限定，本申请也不具备授予专利权的前景。如果申请人不能在本通知书指定的四个月答复期限内提出表明本申请具有新颖性和创造性的充分理由，本申请将被驳回。

D1

16

[19]中华人民共和国专利局

[51]Int.Cl⁶

G02B 6/22



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 98109713.8

[43]公开日 1998 年 12 月 16 日

[11] 公开号 CN 1201913A

[22]申请日 98.6.5

[30]优先权

[32]97.6.5 [33]US[31]869,390

[71]申请人 卢森特技术有限公司

地址 美国新泽西州

[72]发明人 D·W·佩克哈姆

[74]专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

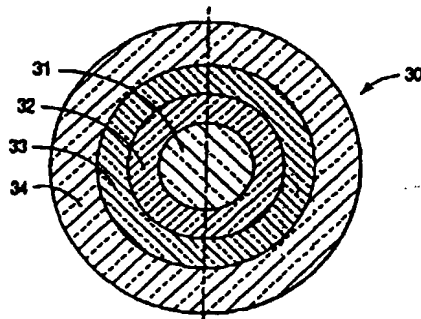
代理人 邹光新 张志醒

权利要求书 2 页 说明书 9 页 附图页数 4 页

[54]发明名称 在铟放大器领域的具有低色散斜率的光纤

[57]摘要

本发明为一种色散斜率对于正-色散和负-色散应用都较低的光纤，它适合于用使用掺铟光纤放大器的波分复用(WDM)系统。该光纤具有其绝对幅值在 1530—1565nm 波长范围内至少为 0.8ps/(nm-km)的色散，小于 0.05ps/(nm-km)的色散斜率和小于 0.20dB/km 的损耗，并对弯曲不敏感；而且其有效区域超过 50 μm^2 。该光纤包括一根具有最大折射率 n1 的透明材料纤芯，和具有折射率 n2 的透明包层，纤芯包括具有中间折射率 n3 的环形区。



权利要求书

1. 一种对于在 1530 - 1565nm 范围内所有波长, 具有绝对幅值大于约 0.8ps/(nm-km) 的色散的光纤 (10), 该光纤包括一根具有最大折射率 n_1 的透明材料纤芯, 和一个在所述纤芯外部, 具有最小折射率 n_2 的透明材料包层 (cladding), 其特征在于,

纤芯包括一个具有折射率 n_3 的透明材料环状区域, 其中 $n_1 > n_2 > n_3$, 以及

$0.50 < (n_1 - n_2) / n_2 < 0.70$; 和

$-0.30 < (n_3 - n_2) / n_2 < -0.05$.

2. 根据权利要求 1 的光纤 (10), 其特征在于, 该光纤具有在 1530 - 1565nm 的波长范围内小于 0.05ps/(nm²-km) 的色散斜率.

3. 根据权利要求 2 的光纤 (10), 其特征在于, 该光纤具有在 1530 - 1565nm 的波长范围内为 0.043 ± 0.005 ps/(nm²-km) 的色散斜率.

4. 根据权利要求 1 的光纤 (10), 其特征在于, 在 1530 - 1565nm 的波长范围内, 色散大于 0.8ps/(nm-km), 其中

$0.50 < (n_1 - n_2) / n_2 < 0.60$; 和

$-0.15 < (n_3 - n_2) / n_2 < -0.05$.

5. 根据权利要求 1 的光纤 (10), 其特征在于, 在 1530 - 1565nm 波长范围内, 色散比 -0.8ps/(nm-km) 更负, 其中

$0.60 < (n_1 - n_2) / n_2 < 0.70$; 和

$-0.30 < (n_3 - n_2) / n_2 < -0.20$.

6. 根据权利要求 1 的光纤 (10), 其特征在于, 光纤被包围在包含塑料外套 (601) 的外鞘系统 (sheath system) 中由此限定了一根光缆.

7. 波分复用 (WDM) 系统包括:

在 1530 - 1565nm 波长范围中不同波长处被调制的多个光信号源 (71 - 74);

用于在 WDM 系统的输入端, 对光信号多路复用的装置 (75);

用于 WDM 系统的输出端, 对光信号解复用的装置 (85);

在多路复用装置与解复用装置之间延伸的传输路径, 所述路径包括一种具有对于在 1530 - 1565nm 范围内的所有波长, 其绝对幅值大于约 0.8ps/(nm-km) 的色散的第一光纤 (30 - 1), 该光纤包括具有最

大折射率 n_1 的透明材料纤芯，和在所述纤芯外部，具有折射率 n_2 的透明材料包层，所述纤芯包括一个其最小折射率为 n_3 的透明材料环状区域，其中 $n_1 > n_2 > n_3$ ，以及

$0.50 < (n_1 - n_2) / n_2 < 0.70$ ；和

$-0.30 < (n_3 - n_2) / n_2 < -0.05$ 。

8. 根据权利要求 7 的 WDM 系统 (700)，其特征在于，传输路径还包括一个光放大器 (710)。

9. 根据权利要求 8 的 WDM 系统 (700)，其特征在于，光放大器 (710) 包含一种掺铒光纤放大器。

10. 根据权利要求 7 的 WDM 系统 (700)，其特征在于，传输路径还包括与第一个光放大器串联连接的第二根光纤 (30-2)，该第二根光纤具有其斜率与第一光纤的色散斜率大约相等，但其幅度符号在 1530 - 1565nm 波长范围，与第一光纤的色散幅度符号相反的色散特征。

说明书

在铯放大器领域的具有低 色散斜率的光纤

5 本发明涉及光纤，更具体地说涉及适合用于波分复用（WDM）系统中的光纤。

光传输已变为通信技术中的宠儿，这是由于在一根光纤中可用频带非常宽。这样的带宽使得在一根通常由高质量玻璃材料制成的头发丝般细的光纤中可以同时传输数千个电话和数百个电视信道。一根光纤上的通信容量在 WDM 系统中得到增加，在 WDM 系统中，几个信道在单根光纤上被复用—每个信道工作在不同的波长。然而，在 WDM 系统中，诸如 4-光子混合的在两个信道之间的非线性干扰严重地降低了系统容量。这一问题通过 U. S. patent 5, 327, 516 ('516 专利) 得到了很大解决，该专利公开了一种通过在工作波长处引入少量色散来降低非线性干扰。应注意的是，随着在一根光纤中传输的 WDM 信道数量的增加，光纤所携带的光功率也增大。而随着功率增大，非线性效应也变得更为显著。因此，对于光纤，希望为每个 WDM 信道提供少量的色散。

在用于制造光纤的玻璃材料（接近于纯二氧化硅— SiO_2 ）的质量方面已取得很重要的进步。在 1970 年，对于玻璃纤维，可接受的损耗在 20dB/Km 的范围内；然而今天，损耗通常低于 0.25dB/Km。确实，玻璃纤维的理论最低损耗大约为 0.16dB/Km，而它大约发生在 1550 纳米（nm）的波长处。对在这一波长区域的光传输自然应感到高兴，这是因为这一区域是掺铯光纤放大器工作的波长范围，而它们已成为商业可购买的最实用的光放大器。在该种放大器中，玻璃纤维中掺杂的铯离子在第一波长区域（例如 98nm）被“泵浦进能量，然后当铯离子被在第二波长区域中的所传输光信号激励时将能量释放给第二波长区域（例如 1530—1565nm）。这种放大器是 WDM 系统中的基本组件，在 WDM 系统中，宽频带的光信号需要被放大。确实，通过使用 25 个相邻信道，对每个信道的两个极化模式中每一个使用独立调制，和其它技术已证实了每秒可进行 - Tb 的传输（ $1\text{Tb/s} = 1000\text{Gb/s}$ ）。尽管希望 WDM 系统工作在 1530—1565nm 波长区域（铯放大器区域），但是目前的光纤设计在铯放大器区域令人讨厌地具有很大的色散差异。

在具有宽波长区域内平坦色散特性的光纤设计中已做出很显著的努力以使得在 1310nm 和 1550nm 都可容纳信号传输。然而，这种“色散-平坦”光纤几乎没有或没有获得商业上的成功，这是由于过量的弯曲损耗和严格的生产容差。

5 一种在铒放大器区域给出低色散斜率的光纤具有与多纳图类似的折射率分布图，参见 OFC'95 技术文摘的 P 259-260 的标题为：用于高比特率和多波长系统的色散位移单模光纤 (Dispersion-Shifted single-mode fiber for high-bit-rate and mulfiwavelength system) 的论文。该设计包括一个环绕低折射率材料制成的纤芯的高折射率材料的环。然而，与这种折射率分布有关的传输损耗在 1550nm 10 为 0.22dB/Km 量级，这比所期望的高出至少百分之十 (10%)。尽管所公开的设计在铒放大器区域提供低斜率的负色散方面表现得有用，该设计并未表现出在铒放大器区域可给出具有相似低斜率的正色散。

因此，我们所希望的，却并未见于公开在现有技术中的，是一种 15 适于工作在铒放大器区域中的光纤，它具有：(i) 在 1550nm 处低于 0.22dB/bm 的传输损耗；(ii) 少量色散 (即，绝对数值至少为 0.8ps/(nm-km))；和 (iii) 具有低斜率的色散特性 (即，低于 0.05ps/(nm²-km))。

一种在 1530-1565nm 区域内对于所有波长，色散的绝对值，都大 20 于 0.8ps/(nm-km) 的光纤克服了现有技术中的问题。光纤包括一个具有最大折射率 n1 的透明材料的纤芯，和一个在该纤芯外表面的具有折射率 n2 的透明包层材料。该纤芯包括一个环状的透明材料区，其最小折射率 n3 相对于 n2 而被减小。通过下式对这些折射率进行限制以给出一种在 1530-1565nm 波长区域具有低损耗和低色散斜率的光 25 纤：

$$0.50 < (n1 - n2) / n2 < 0.70; \text{ 和} \\ -0.30 < (n3 - n2) / n2 < -0.05'$$

在本发明的一个说明性实施例中，公开了一种具有正色散的光 30 纤。它的色散斜率在 1530-1565nm 波长区域大约为 +0.043ps/(nm²-km)，其折射率分布包含一个在掺锗中央纤芯区域与纯二氧化硅包层之间的单个掺氟材料环状环。这单个环具有小于包层折射率的折射率。

在另一个说明性实施例中，公开了一种具有负色散的光纤。其色散斜率在 1530 - 1565nm 区域大约为 $+0.043\text{ps}/(\text{nm}^2\text{-km})$ ，而其折射率分布包括在掺锗中央纤芯区域和纯二氧化硅包层之间的两个受控 - 折射率材料的环状环。与中央纤芯相邻的第一个环状环包含掺氟材料，其折射率小于包层折射率。第二个环状环与包层相邻，并包含掺锗材料，其折射率大于包层的折射率。第二个环状环是用来增加光纤的有效区域。

有利的是，本发明的光纤在 1550nm 处具有不高于 0.20dB/km 的平均传输损耗，并且对弯曲损耗相对地不敏感。而且，该光纤具有大于 $50\mu\text{m}^2$ 的有效区域。

参照附图，通过随后的详细描述将对本发明及其工作模式有更清楚地理解，其中：

图 1 是一种已知的具有两个保护涂包层的光纤的透视图；

图 2 是色散平坦光纤的作为波长函数的总色散曲线图，图中显示了其材料色散与波导色散分布；

图 3A 是一个无涂包层光纤的剖面图，图中显示了几个不同折射率材料层；

图 3B 公开了一种根据本发明的正色散光纤的折射率分布；

图 3C 公开了一种根据本发明的负色散光纤的折射率分布；

图 4 是一种根据本发明的光纤的作为波长函数的色散曲线图，图中显示了其材料色散与波导色散分布；

图 5 是本发明的正色散光纤和负色散光纤的色散曲线图，图中更详细地显示了它们在铒放大器区域的特性；

图 6 是一种包含多组根据本发明的光纤的光缆的透视图，

图 7 公开了一种工作于包含正和负色散光纤以及掺铒光纤放大器的传输路径上的四 - 信道 WDM 系统。

各种机制限制了光纤的带宽。例如，在多模光纤中有模式色散，其中由光纤一端入射的光脉冲，当它们由另一端出射时，将扩散开来。这是由于多模光纤支持一个特定波长的数百个模式（路径）。而当这数百个模式在光纤的另一端组合时，最后的结果是脉冲的扩散（色散），这是所不希望的。除非在其它情况下，色散意指色谱或“线性”色散。通常，在其中短波辐射的速度大于长波辐射的情况中，色散的

符号被认为是正号。

也可将一种光纤设计为只支持一特定波长的基模(LP_0)这种光纤被称为“单模”它具有远远大于多模光纤的带宽,并可以成比例高的速度传输光信号。然而,单模光纤对于小于 LP_{11} 截止波长的波长,将表现为就象多模光纤一样,该截止波长取决于纤芯半径(a),折射率(n),用百分数表示的纤芯和包层的折射率差(Δ)。确实,当 Δ 和 a 减小时,只有越来越少的模式被传播直至在大于 LP_{11} 截止波长的波长处只有一个模式被传播。因此, LP_{11} 截止波长必须比被传输的波长短一个合适量。

在光纤的生产制造中,一根玻璃预制棒被垂直地悬吊着,并以一受控速度移进一个熔炉。预制棒在熔炉中变软,在一个牵引架底部的绞盘由预制棒的熔融端自由地拉伸出光纤。(甚至虽然光纤直径比预制棒小数千倍,它也具有同样的折射率分布)。由于玻璃纤维容易遭受由磨损引起的损伤,因而必须在光纤被拉伸出后并在它与其它表面接触前,对它进行涂覆。由于涂覆材料的使用必须不损伤玻璃表面,因此涂覆材料是以液态而进行使用的。一旦使用,在光纤接触绞盘前,涂覆材料必须固化。这通常是在一很短时间间隔通过光照固化完成的,光照固化液态涂覆材料通过电磁辐射的照射转化为固态的一个过程。图1显示了一种双-涂包层光纤,其结构适于用于本发明中。如图1所示,两个涂覆材料层被用于所拉伸出的光纤10,该光纤包括一个光传输纤芯11和一个包层(cladding)14。包层光纤(clad fiber)10直径为大约 $125\mu\text{m}$ 。称为基本涂覆材料的较里层111与光纤10相接触;布被称为第二涂覆材料的较外层112与基本涂覆材料111相接触。第二涂覆材料通常具有相对较高系数(例如 10^9Pa)以经受处理,而基本涂覆材料具有相对较低系数(例如 10^6Pa)以提供减震作用而减少微弯曲损耗。当基本涂包层仍是湿的时候,就使用第二涂覆材料,然后这两层同时通过光谱的紫外区域的辐射进行固化。

图2图示了现有技术的光纤的色散,更具体地说,是总色散-平坦特性23是怎样通过材料和波导色散分量的色散组合而产生的。(色散-平坦光纤通常在两个波长处,例如 1400nm 和 1700nm ,具有零色散)。我们记得,材料色散固有地与用于制做光纤的实际材料有关。这里,材料色散与石英玻璃有关。而另一方面,波导色散是折射率分

布的函数。与材料色散不同，波导色散可由设计工程师设计成形在各限制条件中。特定的折射率分布已被用于色散-平坦光纤的设计，在这种光纤中，在由 1400-1700nm 延伸的宽波长区域内，色散得到降低。色散-平坦光纤的例子示于 U.S. 专利 4,372,647 和 4,435,040。

5 现在对图 3A 进行参考说明，图 3A 一般地公开了一根未覆光纤的剖面图，图中显示了许多层 31-34，每一层都具有用于改进光纤波导色散特性的不同折射率。图 3A 暗示了折射率在层与层之间发生突变，虽然这并非必需的情况。折射率渐变更普通，这种光纤被称为渐变折射率光纤。然而，为了更易于理解本发明，图示的是折射率突变。可
10 理解为，本发明也考虑了渐变折射率光纤。

光纤 30 包含其折射率标称为 n_1 的中央纤芯区 31。中央纤芯区 31 被标称折射率为 n_3 的第一中区 32 所包围，顺序地，第一中区 32 被标称折射率为 n_4 的第二中区 33 所包围。标称折射率为 n_2 的包层 (cladding Layer) 34 包围第二中区。应注意到，图 3A 并未按比例
15 绘制，因为包层 (cladding Layer) 34 的直径约为 $125\mu\text{m}$ ，而中央纤芯 31 的直径小于 $7\mu\text{m}$ 。而且，应注意到，尽管图 3A 公开了四个 (4) 分离的玻璃层，但却只有三个 (3) 层用于制作根据图 3B 所示的本发明实施例的折射率分布。

图 3B 公开了一种根据本发明的正色散光纤的折射率分布，显示出
20 它的折射率分布是归一化折射率差， Δ_1 和 Δ_2 的函数， Δ_1 和 Δ_2 由下式定义：

$$\Delta_1 \approx (n_1 - n_2) / n_2 \times 100\%; \quad \Delta_2 \approx (n_3 - n_2) / n_2 \times 100\%$$

可期望的光纤特性包括低损耗，低色散斜率，和一个适当的大有效区域。已发现，正色散光纤，对于以下区域的 Δ_1 和 Δ_2 ，具有上述这
25 些特性：

$$0.50\% < \Delta_1 < 0.60\%; \quad \text{和} \\ -0.15\% < \Delta_2 < -0.05\%$$

在本发明的一个特定实施例中， $\Delta_1 = 0.55\%$ ； $\Delta_2 = -0.10\%$ 。同样在这一特定实施例中，各个层的半径为： $a_1 = 3.2\mu\text{m}$ ， $a_2 = 4.7\mu\text{m}$ 。图
30 3B 中公开的色散分布包括掺锗二氧化硅纤芯，掺氟中间层和纯二氧化硅外包层。然而，应理解的是，纤芯和包层不是必须以这种方式构成，因为各折射率的相对差为本发明提供益处。例如，纤芯可由纯二氧化硅制成，

而中间层与外包层可以具有不同的氟掺杂度。

下面是适合用于本发明的正色散光纤的明细表，已经被改进了。然而，它并非意欲限定可接受光纤的整个范围，而只是为了示范的目的。

在 1550nm 处的衰减	$\leq 0.20\text{dB/km}$ (平均)
模场直径	$8.4 \pm 0.6\mu\text{m}$ (1500nm)
纤芯偏心率	$< 0.8\mu\text{m}$
包层直径	$125 \pm 1.0\mu\text{m}$
截止波长	$< 1450\text{nm}$ (2m 参考长度)
色散	$> + 0.8\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ (1530-1565nm)
色散斜率	$< + 0.043\text{ps}/(\text{nm}^2\cdot\text{km})$ (平均)
大弯曲损耗	$< 0.5\text{dB}$ 在 1550nm 处 (一圈, 32mm)
大弯曲损耗	$< 0.05\text{dB}$ 在 1550nm 处 (一圈, 75mm)
外层直径	$245 \pm 10\mu\text{m}$
验收试验	100kpsi

5 图 3c 公开了一种根据本发明的负色散光纤的折射率分布。已发现，在负色散光纤中，在下列 Δ_1 和 Δ_2 的范围中，可实现所期望的光纤特性，其中：

$$0.60 < \Delta_1 < 0.70;$$

$$- 0.30 < \Delta_2 < - 0.10;$$

10 $0.05 < \Delta_3 < 0.25;$

在本发明的一个特定实施例中， $\Delta_1 = 0.65$ ， $\Delta_2 = - 0.25$ ， $\Delta_3 = 0.10$ 。同样在这一特定实施例中，不同层的半径为： $b_1 = 3.4\mu\text{m}$ ； $b_2 = 5.2\mu\text{m}$ ； $b_3 = 7.2\mu\text{m}$ 。图 3C 所公开的光纤分布包括一根掺锗二氧化硅纤芯，掺氟第一中间层，掺锗第二中间层，和一个纯二氧化硅外包层。然而，应理解的是，纤芯与外包层无须以这种方式构成，因为各折射率的相对差异为本发明提供益处。例如，纤芯可由纯二氧化硅制成，同时中间层与外包层可具有不同的氟掺杂度。

15 下面是适合用于本发明的负色散光纤的明细表，已经做了改进。然而，它并非意欲限定可接受光纤的整个范围，而只是为了示例的目的。

20 的。

在 1550nm 处的衰减	$\leq 0.20\text{dB/km}$ (平均)
模场直径	$8.4 \pm 0.6\mu\text{m}$ (1500nm)
纤芯偏心率	$< 0.8\mu\text{m}$
包层直径	$125 \pm 1.0\mu\text{m}$
截止波长	$< 1450\text{nm}$ (2m 参考长度)
色散	$< -0.8\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ (1530-1565nm)
色散斜率	$< +0.043\text{ps}/(\text{nm}^2\cdot\text{km})$ (平均)
大弯曲损耗	$< 0.5\text{dB}$ 在 1550nm 处 (一圈, 32mm)
大弯曲损耗	$< 0.05\text{dB}$ 在 1550nm 处 (一圈, 75mm)
外包层直径	$245 \pm 10\mu\text{m}$
验收试验	100kpsi

对适于制造的过程的细节描述是已知的。预制物可以是单一的，也可以是复合的。纤芯区最好通过改进的化学汽相沉积或通过使用煤炭化学 (soot chemistry) 的过程之一 - 外部汽相沉积或汽相轴向沉积，来形成。(例如，用于外包覆 (cladding)，过包覆 (overcladding)，涂覆 (coating)，形成光缆等的已知过程不受光纤设计的影响。

图 4 公开根据本发明的光纤的色散特性 43。具体地说，它公开了色散斜率是怎样分别地通过材料色散 41 与波导色散 42 的附加组合而产生的。虽然图 2 中色散 - 平坦光纤的波导色散曲线 22 也显示出负斜率，但在长波长处波导色散迅速上升以产生第二个色散零点 (null) (如 1700nm 处所示) 和产生平坦的总色散曲线 23。然而，这种色散平坦的产生实际上是由于基模开始有效地截止，而这将导致不良的高弯曲损耗。

图 5 为具有图 3B 所示的折射率分布的正色散光纤 43-1 的色散曲线，和具有图 3C 所示的折射率分布的负色散光纤 43-2 的色散曲线。每根这些光纤在 1550nm 处，具有不大于 0.20dB/km 的损耗，大于 $50\mu\text{m}^2$ 的有效区，每根这些光纤具有其绝对幅度在掺铒光纤放大器所工作的波长区域 (1530 - 1565nm) 内不大于 $0.83\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ 的色散。更重要的是，每根这些光纤在 1550nm 处具有约为 $0.043\text{dB}/(\text{nm}^2\cdot\text{km})$ 的色散斜率。这些特性使得光纤 43-1, 43-2 对 WDM 信号传输中的应用，变得很理想。在 WDM 信号的传输中，铒放大器工作区域内的低损耗和很小的色散是所期望的。(作为对比，一种未移二氧化硅光纤具有在大约

1310nm 处的色散) 零点, 在大约 1550nm 处的约 $+17\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ 的色散, 和在 1550nm 处的约 $0.095\text{ps}/(\text{nm}^2\cdot\text{km})$ 的色散斜率。

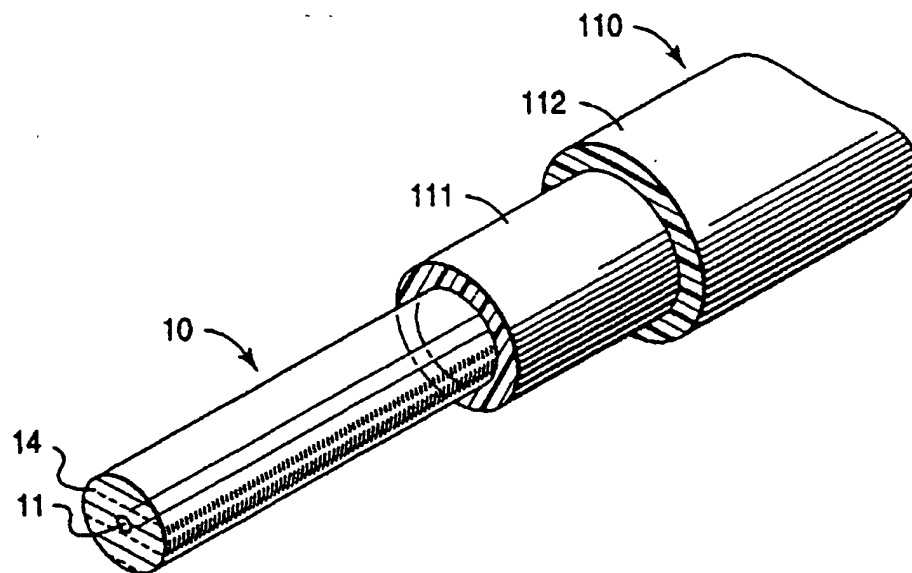
图 6 提供了关于根据本发明的实际光缆的构造的更多细节。光缆 600 包括用细股扎线 (yarn binder) 松散地束在一起以形成可识别单元的两束光纤。其中一束最好包含正一色散光纤 30-1, 而另一束最好包含负色散光纤 30-2 - 如同 U.S. 专利 5,611,016 中所讨论的。尽管最好将正-和负-色散光纤分入分离的组或单元, 但这在本发明的实施中不是必需的。将这些光纤束放入由诸如聚氯乙烯或聚乙烯的绝缘材料制成的管状构件中, 包围管状构件 605 的是外鞘 (sheath) 系统, 它包括, 吸水 (water-absorbing) 带 603, 塑料外套 601, 图中显示它由聚乙烯材料制成; 和加固构件 (strength member) 602 - 602, 图中显示它由钢或环氧树脂 - 浸渍玻璃纤维组成。加固构件用于消除或减少应力, 否则这些应力可能在处理或普通业务过程中施于光纤上, 并且可能以任何数量的已知方式包含于光纤 600 中。由 Kevlar[®] 塑料制成的拉索 (rip cord) 使整个外鞘系统 601-603 的拆去变得容易。典型地, 填充材料放置于管状构件 605 中, 用于对其中所置的光纤提供缓冲, 因此防止它们产生微弯曲损耗。

图 7 公开了一种根据本发明的 WDM 系统 700。它包含四个发射机 71-74, 它们调制四个具有不同基带信号的在 1530-1560nm 范围内的预定波长。所调制波长经一个无源 4:1 耦合器 75 合并, 并被引入一根包括光放大器 710 - 最好为掺铒光纤放大器的传输线 30-1, 30-2。在图 7 所示实施例中, 光纤传输线 30-1 包括一段预定长度的正一色散光纤, 而同时光纤传输线 30-2 包括一段预定长度的负一色散光纤。在接收机端, 解复用器 85 根据四个信道的波长将它们分离, 并由接收机 81-84 进行处理以提取出它们各自的基带信号。

虽然显示并描述了各种特定的实施例, 但仍可以在本发明范围内作各种改进。这些改进包括, 但不限于, 在相邻层之间逐渐缩减的折射率分布 (例如, 阶式折射率分布); 各层宽度的不同; 使用不同掺杂材料以实现相同的普通分布形状; 在制做光纤时, 使用塑料材料, 而非玻璃。注意到, 在许多实用光纤中, 由于制做光纤的生产过程的原因, 在光纤中央处存在折射率下降 (index depression) 的问题。应理解, 虽然图 3B 和 3C 显示的是理想化的折射率分布, 但本发明也

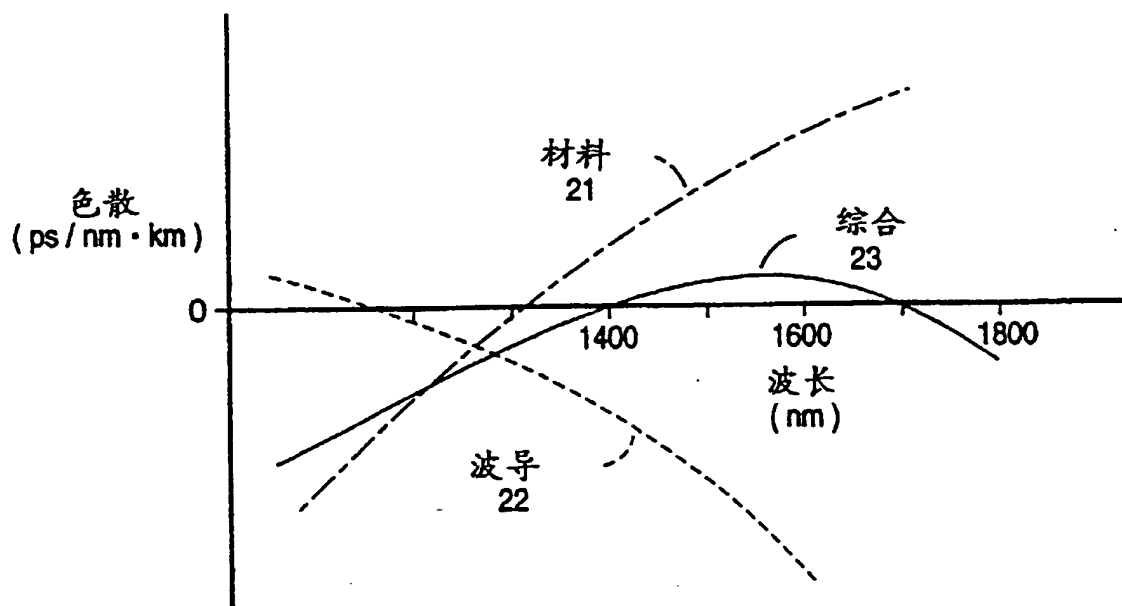
考虑了这种中央下降。

说明书附图



(现有技术)

图 1



(现有技术)

图 2

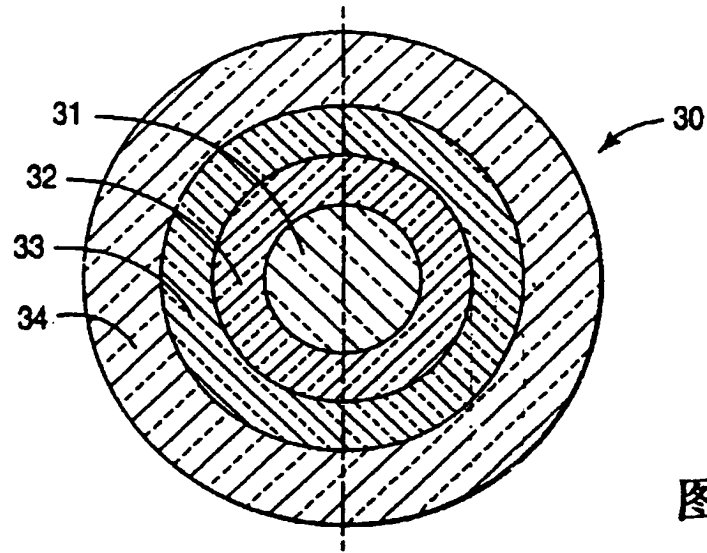


图 3A

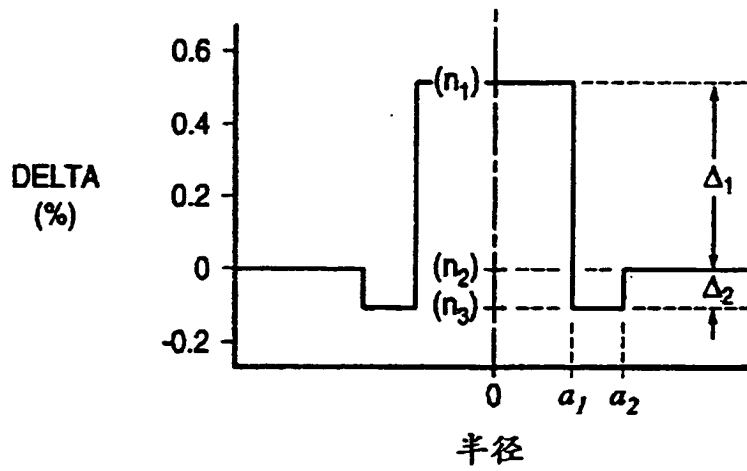


图 3B

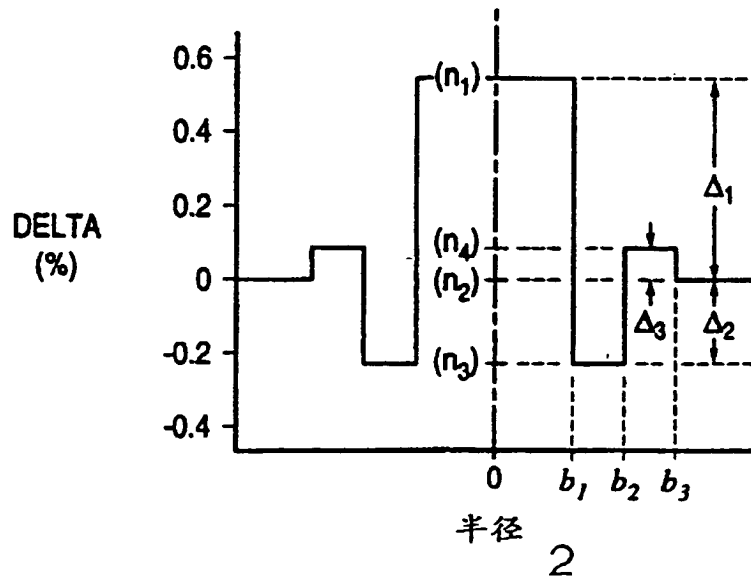


图 3C

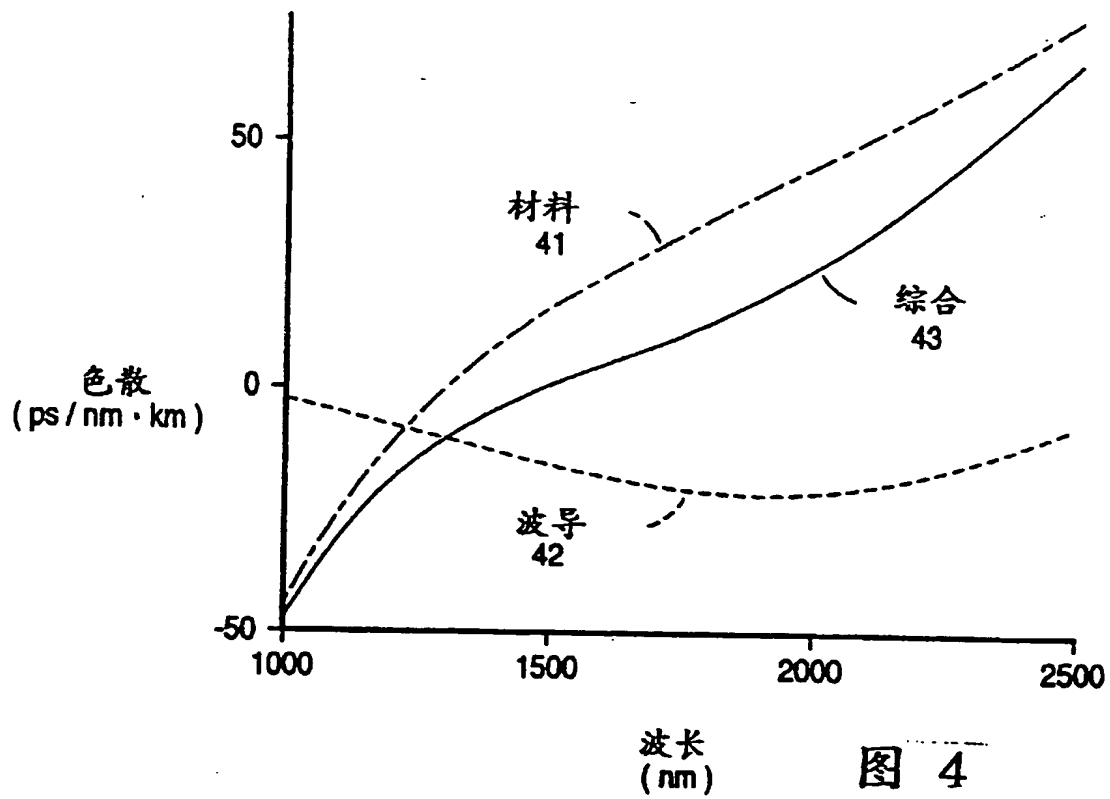


图 4

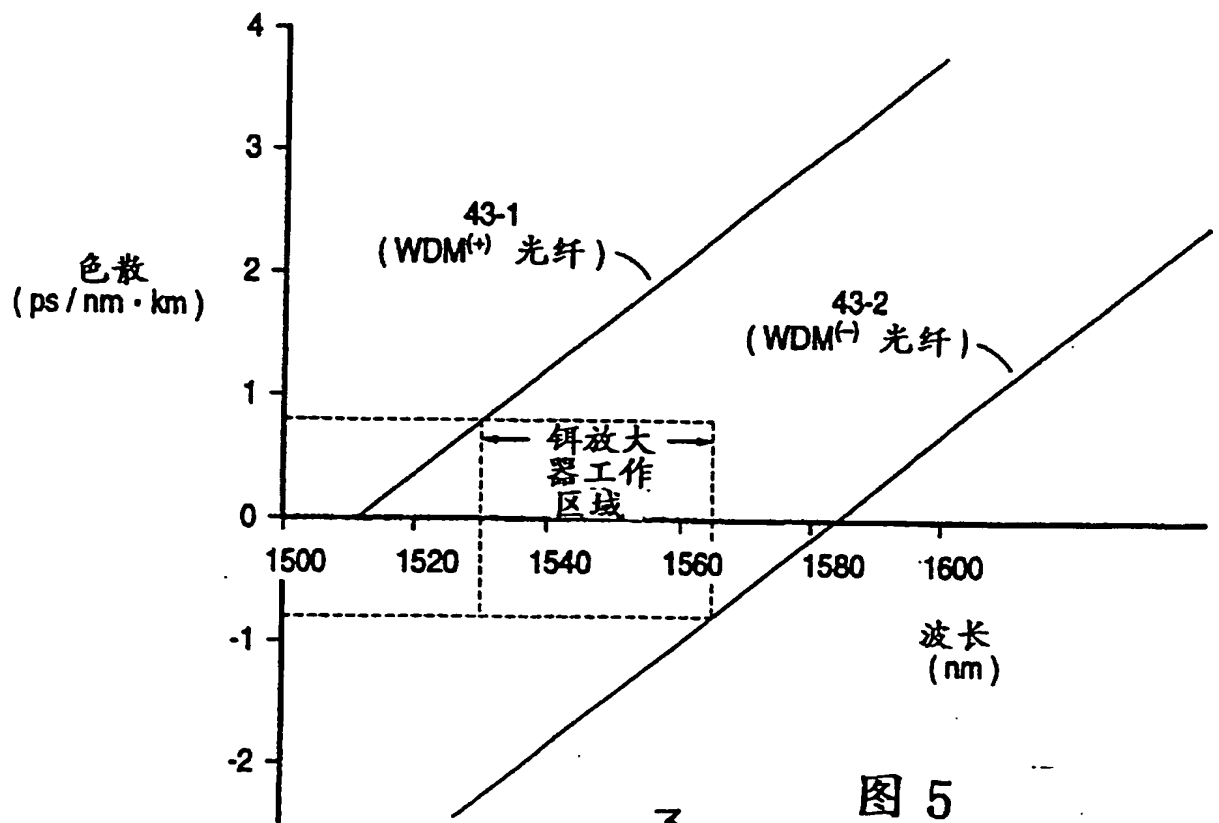


图 5

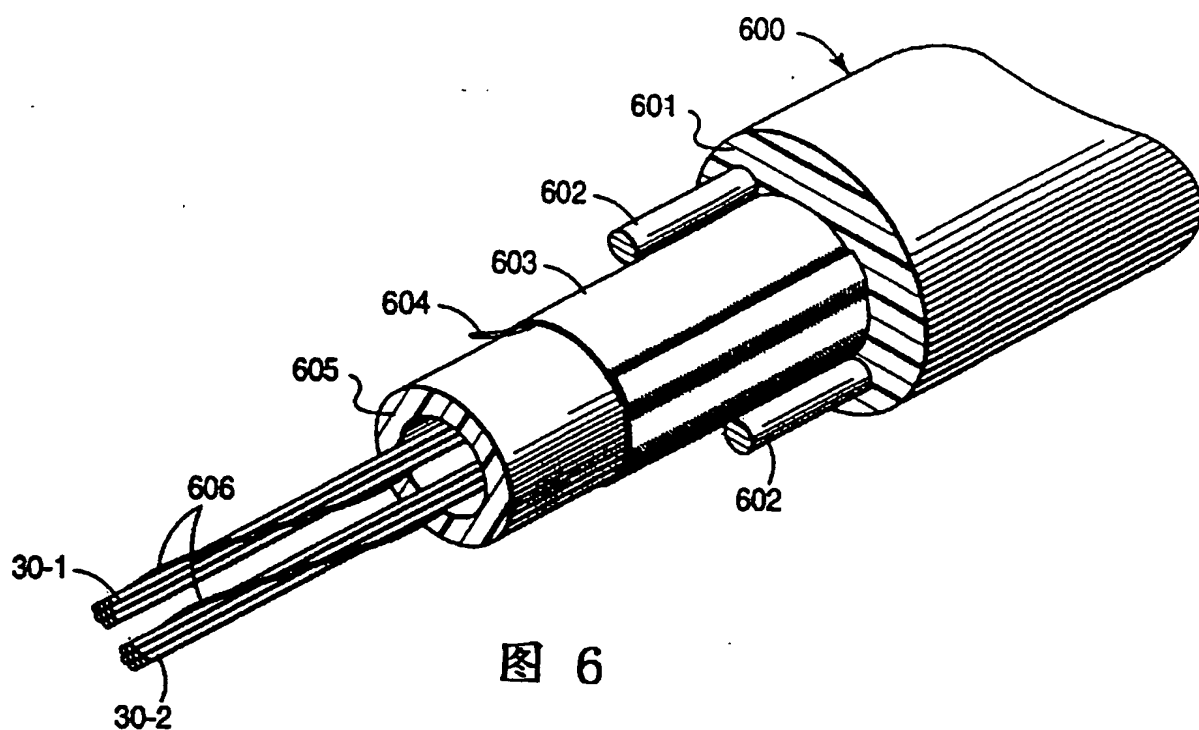


图 6

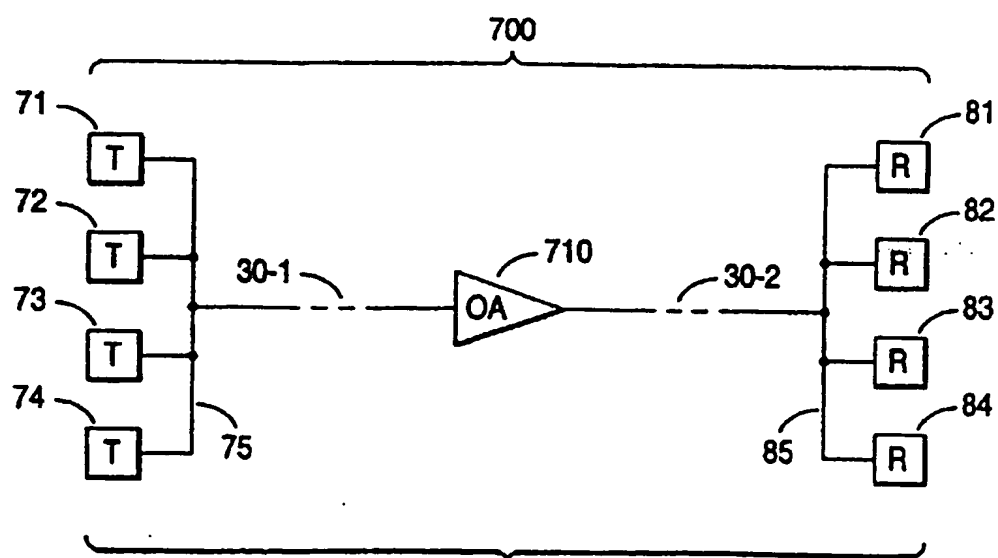


图 7